

Inhalt

1 Fluidströmung zu einer Bohrung	1
1.1 Strömungsmodell und Strömungszustände	1
1.2 Stationäre Strömung für Flüssigkeiten.....	1
1.3 Unterschied von Flüssigkeits- und Gasströmung.....	3
1.4 Stationäre Gasströmung zu einer Bohrung	4
1.5 Linearisierung der Gasströmungsgleichung.....	4
1.6 Empirische Leistungsgleichung nach Rawlins und Schellhardt	5
1.7 Instationäre Flüssigkeitsströmung zu einer Bohrung.....	5
1.8 Instationäre Gasströmung zu einer Bohrung.....	8
1.9 Skinfaktor	8
1.10 Nachproduktion (wellbore storage).....	9
1.11 Strömung zu einer Bohrung mit variablen Raten.....	11
1.12 Diskontinuitäten der Schicht	13
1.13 Unvollkommener Aufschluss der Schicht (partiell penetration)	15
1.14 Drainage-Radius (radius of investigation)	18
Literatur.....	19
2 Durchführung und Interpretation von Bohrungstests	21
2.1 Planung von Bohrungstests	21
2.2 Ablauf eines Bohrungstests	21
2.3 Beispiel des Tests einer Aquiferbohrung.....	22
2.4 Beispiel eines Gastests	26
3 Test mehrerer Bohrungen – Interferenztest	31
3.1 Theoretische Grundlagen	31
3.2 Interferenztest mit Berücksichtigung von Nachproduktion und Skineffekt in beiden Bohrungen.....	32
3.3 Beispiel eines Interferenztests.....	33
Literatur.....	35

4 Strömung zu horizontalen Bohrungen.....	37
4.1 Stationäre Fluidströmung zu einer horizontalen Bohrung	37
4.2 Instationäre Fluidströmung zu einer horizontalen Bohrung.....	41
4.3 Beispiel eines Tests	42
Literatur.....	44
5 Strömung zu vertikal gefracten Bohrungen	45
5.1 Stationäre Fluidströmung zu einer vertikal gefracten Bohrung	45
5.2 Instationäre Fluidströmung zu einer vertikal gefracten Bohrung	47
5.3 Testbeispiel.....	48
Literatur.....	51
6 Fluidströmung zu einer gefracten horizontalen Bohrung.....	53
6.1 Quasi-stationäre Fluidströmung zu einer gefracten horizontalen Bohrung.....	53
6.2 Instationäre Fluidströmung zu einer gefracten horizontalen Bohrung.....	55
Literatur.....	58
7 Gestängetest (Drill Stem Test – DST).....	59
7.1 Interpretationsverfahren	59
7.2 Testbeispiel.....	62
Literatur.....	64
8 Reservenbewertung.....	65
8.1 Materialbilanz von Gaslagerstätten – Druckabfallmethode	65
8.1.1 Randwassertextrieb.....	67
8.1.2 Deformierbarer Porenraum	68
8.1.3 Gaszustrom aus geringpermeablen Bereichen.....	68
8.2 Reservoir-Limit-Test (RLT)	71
8.3 Analyse der Förderraten-Abfallkurve (decline curve analysis)	75
8.3.1 Theoretischer Hintergrund	75
8.3.2 Feldbeispiel	76
Literatur.....	78
9 Druckberechnung in Gasbohrungen und waagerechten Rohren	79
9.1 Druckverlustgleichung	79
9.2 Anwendung der Druckverlustgleichung.....	81
9.2.1 Druckaufbauperiode einer Bohrung.....	81
9.2.2 Berechnung der Parameter S und Θ aus Messwerten einer Gasbohrung.....	82
9.2.3 Ablauf für die Berechnung von Sohlendrücken.....	83
9.2.4 Druckverlust einer Pipeline.....	85

10 Rohrströmung	87
10.1 Strömung Newtonsche Flüssigkeiten	88
10.1.1 Laminare Strömung	89
10.1.2 Turbulente Strömung	90
10.1.3 Rohrrauigkeiten von technischen Rohren.....	93
10.1.4 Strömung durch Ringräume (Ringspalte).....	93
10.2 Strömung Nicht-Newtonsscher Flüssigkeiten.....	95
10.2.1 Rohrreibungsbeiwerte für Ostwald-de-Waele Flüssigkeiten	95
10.2.2 Rohrreibungsbeiwert für Bingham Flüssigkeiten	96
Literatur	97
11 Temperaturberechnungen in Bohrungen und Pipelines.....	99
11.1 Temperaturverteilung in der Bohrung.....	99
11.2 Temperaturberechnung in der Pipeline	104
11.3 Beispiel: Temperaturberechnung einer Pipeline	106
Literatur	106
12 Mittlerer Druck von gasdurchströmten Gebieten	107
13 Volumenstrommessung – Flüssigkeiten	109
14 Volumenstrommessung für kritische Strömung – Gas.....	111
Literatur	113
15 Anhang	115
15.1 Eigenschaften von Erdöl.....	115
15.1.1 Viskosität von gasfreiem Rohöl	115
15.1.2 Viskosität von gasgesättigtem Rohöl	116
15.1.3 Kompressibilität von gasgesättigtem Rohöl	116
15.1.4 Kompressibilität von untersättigtem Rohöl	117
15.1.5 Totaler Formationsvolumenfaktor	118
15.2 Eigenschaften von Erdgas	118
15.2.1 Physikalische Werte von Gasen	118
15.2.2 Realgasfaktor von Erdgas z	119
15.2.3 Kompressibilität von Gas.....	120
15.2.4 Viskosität von Gas	121
15.2.5 Berechnung der Löslichkeit von CH_4 in mineralisiertem Wasser	122
15.2.6 Wassergehalt von Erdgas	124
15.2.7 Joule-Thomson-Koeffizient von Erdgas	125
15.2.8 Gleichgewichtskurven für die Hydratbildung in Abhängigkeit von Druck und Temperatur für verschiedene Gase.....	125

15.3	Eigenschaften von Wasser	126
15.3.1	Dichte von Wasser in Abhängigkeit von Druck und Temperatur	126
15.3.2	Formationsvolumenfaktor von Wasser B_w	126
15.3.3	Viskosität von Wasser μ in Abhängigkeit von Druck, Temperatur und Salzgehalt.....	128
15.3.4	Kompressibilität von Wasser c_w in Abhängigkeit von Druck, Temperatur und Salzgehalt	129
15.4	Eigenschaften von CO_2	130
15.4.1	Dichte.....	130
15.4.2	Realgasfaktor	131
15.4.3	Viskosität	132
15.4.4	Joule-Thomson-Koeffizient	133
15.4.5	Löslichkeit von CO_2 in reinem Wasser	134
15.4.6	Löslichkeitsfaktor von CO_2 in mineralisiertem Wasser in Abhängigkeit vom Lösungsgehalt.....	134
15.4.7	Wassergehalt von CO_2	135
15.5	Parameter von porösem Gestein.....	135
15.5.1	Porenraum-Kompressibilität c_f	135
15.5.2	Trägheitskoeffizient von porösem Gestein, „Turbulentkoeffizient“, β_T	137
15.6	Obertägige Installation beim Bohrungstest	138
15.6.1	Mobile Teststation Öl.....	138
15.6.2	Mobile Teststation Gas	138
15.6.3	Mobile Teststation zum Pumptest – Wasser	139
15.7	Parameter zur Strömung in Rohren	139
15.7.1	Moody-Diagramm	139
15.7.2	Technische Rauhigkeiten für Rohre.....	140
	Literatur	141
	Ergänzende und weiterführende Literatur	143
	Index	145